مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۳، شماره ۲، سال ۱۳۹۶

تأثیر زمان و میزان کاهش تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند

Effects of Plant Population Reduction Time and Rate on Sugar Beet Yield and Quality

سعید صادق‌زاده حمایتی[۱]، محمد خداگو ابیانه[۲] و پرویز فصاحت[۳]

۱ و ۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- کارشناس ارشد، وزارت جهاد کشاورزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۹

چکیده

صادق‌زاده حمایتی ، س.، خداگو ابیانه ، م. و فصاحت ، پ. ۱۳۹۶. تأثیر زمان و میزان کاهش تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۳: ۲۴۸- ۲۳۱.**

تراکم بوته عامل مهم و مؤثری بر عملکرد و کیفیت محصول ریشه چغندرقند محسوب می‌شود. به‌دلیل اهمیت زمان ایجاد تراکم استاندارد در مزرعه و ارزیابی نحوه تأثیر تغییرات زمان و شدت کاهش تراکم بوته در طول فصل رشد روی عملکرد کمی و کیفی چغندرقند رقم دورتی (Doretti) در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در کرج، این آزمایش به شکل فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عوامل موردآزمایش شامل زمان کاهش تراکم‌بوته (در چهار سطح ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز پس از کاشت) و سطوح نهایی تراکم بوته (در شش سطح ۱۲/۵، ۹/۳۷۵، ۸/۳۷۵، ۶/۲۵، ۴/۱۲۵ و ۳/۱۲۵ بوته در مترمربع) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که زمان کاهش تراکم‌بوته عمدتاً روی محصول تولیدشده در هر بوته اثر معنی‌داری داشت و بیشترین عملکرد ریشه (۱/۵۳-۱/۴۹ کیلوگرم در بوته) و شکر خام (۰/۲۱-۰/۲۰ کیلوگرم در بوته) با کاهش تراکم‌بوته طی ۶۰-۳۰ روز پس از کاشت حاصل شد. بیشترین عملکرد در بوته (۱/۹۲-۱/۷۴ کیلوگرم ریشه و ۰/۲۶-۰/۲۴ کیلوگرم شکرخام) و در واحد سطح (۹۵/۵۴-۸۹/۸۱ تُن ریشه در هکتار و ۱۲/۹۷-۱۲/۰۶ تُن شکر خام در هکتار) به‌ترتیب برای تراکم ۴/۵-۳/۴ و ۱۰/۲-۷/۷ بوته در مترمربع حاصل شد. در مجموع، کاهش تعداد بوته طی ۶۰-۳۰ روز پس از کاشت و ایجاد تراکم معادل ۱۲/۵-۸/۴ بوته در مترمربع متضمن دستیابی به حداکثر عملکرد محصول در مناطق آب و هوایی معتدل (مشابه کرج) بود.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، تراکم بوته، زمان تنک، عملکرد، شکر خام.

نویسنده مسئول: s_s_hemayati@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۲۶۱۳

مقدمه

عملکرد قند در چغندرقند تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که عمده‌ترین عوامل مؤثر میزان تشعشع خورشیدی و دمای مناسب طی مراحل مختلف رشد گیاه است (Schiphouwer, 1991). تحقیقات نشان داده است که رشد و عملکرد چغندرقند به‌طور مستقیم نسبتی از مجموع تشعشع دریافتی توسط برگ است و ازسوی دیگر، میزان رشد اولیه برگ تا زمان پوشش کامل سایه‌انداز به‌طور مستقیم توسط دمای هوا کنترل می‌شود (Scott and Jaggard, 1992). گیاهان برای رشد نیازمند جذب و احیاء گاز کربنیک با استفاده از تشعشع خورشیدی هستند و بنابراین، عملکرد محصولات زراعی در بیش‌تر موارد، رابطه خطی با مقدار تشعشع خورشیدی دریافت شده دارد (Clover *et al.*, 2001؛ Scott and Jaggard, 1978a). ضریب رگرسیونی محاسبه‌شده بین مجموع تشعشع دریافتی با عملکرد قند و عیار قند همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داده است (Ohtake *et al.*, 1997). عمده‌ترین محدودیت چغندرقند در دست یابی به عملکرد حقیقی، ناتوانی در جذب تشعشع در اوایل فصل رشد گزارش شده‌است (Scott and Jaggard, 1978b).

با وجود آن‌که سطح برگ و دریافت تشعشع در ابتدای دوره رشد چغندرقند کم است، افزایش تشعشع تابیده به واسطه حداکثر ظرفیت فتوسنتزی موجود به‌ازای هر واحد سطح برگ در ۶۴ روز ابتدای دوره رشد محصول (Hadanova, 1975)، می‌تواند تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد محصول داشته باشد (Kenter *et al.*, 2006). زمان موردنیاز برای این‌که گیاه بتواند کل نور موجود را دریافت کند به فاصله ردیف و تراکم‌بوته (Ball *et al.*, 2000) بستگی دارد. بنابراین، جهت به حداکثر رساندن دریافت تشعشع، تراکم بوته و ایجاد فاصله مناسب بین بوته‌ها مهم و بحرانی محسوب می‌شود. نشان داده شده‌است که در مناطق سرد، طی تراکم‌های ۷۵ و ۳۷ هزار بوته در هکتار پس از حصول حداکثر پوشش سایه‌انداز به ترتیب ۸۹ و ۷۵ درصد از تشعشع دریافت شد.

کاشت بذر در حداقل تراکم ممکن برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد (تراکم مطلوب) موجب کاهش هزینه‌های کاشت می‌شود (Board, 2000). تراکم‌های پایین‌تر از حدمطلوب، موجب کاهش عملکرد و اُفت خصوصیات کیفی ریشه‌های موردبرداشت و تراکم‌های بیش از حدمطلوب باعث ایجاد اختلال در حذف قسمت‌های هوایی بوته و طوقه در زمان برداشت، تولید ریشه‌های کوچک با سیلوپذیری پایین و افزایش انتقال خاک طی برداشت در خاک مرطوب می‌شود (Cattanach, 1993).

در شرایط مطلوب، رشد چغندرقند و انباشت قند در این گیاه، به‌طور کامل به‌وسیله شرایط

غالب آب و هوایی (تشعشع و درجه حرارت) و ویژگی‌های گیاهی نظیر تراکم‌بوته تعیین می‌شود (Vandendriessche, 2000). البته، در گیاهان ریشه‌ای نحوه واکنش به عوامل زراعی نظیر تراکم‌بوته به آستانه واکنش توسعه مخزن نسبت به منبع بستگی داشته و متفاوت است (Hole *et al.*, 1984). در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، سایه‌اندازی متقابل بوته‌های هم‌جوار با کاهش دریافت تشعشع، موجب محدودیت در تولید ماده‌خشک می‌شود (Scott and Jaggard, 1993). مطالعات انجام شده حاکی از افزایش سطح برگ به‌ازای واحد سطح زمین طی کشت زودهنگام در تراکم‌های بالای بوته است (Sogut and Aröglu, 2004). مطالعات متعدد نیز نشان داده‌است که تراکم بالای بوته با میزان کم اُفت بوته، امکان دسترسی به فضای یکنواخت و هم‌سان برای بوته‌ها و اندازه یکنواخت بوته‌ها از جمله مهم‌ترین عوامل جهت دست‌یابی به عملکرد بالای شکر در واحد سطح محسوب می‌شود. برهمین پایه، از دو پارامتر تراکم‌بوته یا جمعیت بوته و ظهور گیاهچه‌ها در سطح مزرعه برای توصیف نحوه استقرار بوته‌ها استفاده می‌شود (Stibbe and Marlander, 2002).

کرکیج (Kerkij, 2001) با مقایسه چهار سطح تراکم بوته (۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار) در کشت پاییزه چغندرقند در استان سیستان و بلوچستان نشان داد که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، بر عملکردریشه، قند ناخالص، قند خالص و عیارقند، درصد قندخالص و راندمان استحصال قند افزوده می‌شود. وی با استفاده از روابط ریاضی نشان داد که مناسب‌ترین تراکم بوته جهت کشت چغندرقند در منطقه سیستان و بلوچستان بین ۸۵ تا ۹۵ هزار بوته درهکتار متغیر است. حسین‌پور (Hosseinpour, 1996) با تغییر فواصل بین بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت و ایجاد تراکم‌های ۵۵، ۸۲ و ۱۶۴ هزاربوته درهکتار نشان داد که بیش‌ترین درصد قند (۱۵/۷ درصد) و عملکرد ریشه (۹۶/۴ تن درهکتار) به ترتیب به تراکم‌های ۱۶۴ و ۵۵ هزار بوته درهکتار تعلق داشت. نامبرده در کشت پاییزه چغندرقند، تراکم مناسب را ۸۲ هزاربوته درهکتار گزارش کرد. در هندوستان، تراکم‌بوته توصیه‌شده برای کشت پاییزه چغندرقند معادل ۱۲۰ هزاربوته در هکتار است (Singh Brar *et al.*, 2015). اسماعیل و عالم (Ismail and Allam, 2007) نیز نشان دادند که بیشترین عملکرد چغندرقند با تراکم ۱۰۵-۷۰ هزاربوته در هکتار قابل‌حصول است. مناسب‌ترین تراکم‌بوته برای کشت چغندرقند حدود یک‌صد هزار بوته در هکتار با الگوی کشت ۲۰×۵۰ سانتی‌متر توصیه شده است (Shukla and Awashti, 2013؛ Sadre *et al.*, 2012؛ Bhullar *et al.*, 2010).

در کشت بهاره، مناسب‌ترین تراکم بوته برای منطقه مشهد معادل ۷۵ تا ۹۵ هزاربوته درهکتار (Bayat, 1998)، در منطقه فارس

معادل ۹۰ تا ۱۱۰ هزار بوته در هکتار (Emadi, 2001)، ۱۶۶ هزار بوته در هکتار در منطقه چناران خراسان (Azizi, 1999)، ۸۰ هزار بوته در هکتار در منطقه خراسان (Ghaemi, 1993) و کرج (Habibi *et al.*, 2004)، تعیین شده‌است.

از نظر تأثیر تغییرات تراکم‌بوته بر خصوصیات کیفی چغندرقند برخی از مطالعات حاکی از کاهش ناخالصی‌های ریشه (سدیم و پتاسیم) به‌دنبال افزایش تراکم‌بوته از ۶۰ به ۱۲۰ هزاربوته در هکتار است (Jafarnia *et al.*, 2013). در مطالعه اخیر، بیشترین عملکرد شکر و کمترین ناخالصی‌های ریشه با تراکم ۹۰ هزاربوته در هکتار به‌دست آمد. در یک مطالعه دیگر، افزایش تراکم‌بوته از ۸۷/۵ به ۱۰۰ هزاربوته در هکتار، افزایش معنی‌دار در عیار قند، درجه خلوص، میزان قند قابل‌استحصال و عملکرد شکر را به‌دنبال داشت (Masri, 2008).

هدف از تحقیق حاضر تعیین زمان بحرانی در کاهش تراکم بوته در مزرعه چغندرقند و تأثیر تغییرات تراکم بوته در زمان‌های مختلف رشد روی عملکرد کمی و کیفی محصول چغندرقنددر پایان فصل رشد بود.

مواد و روش‌ها

در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مطهری (کمال‌آباد کرج) واقع در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۳۰۰ متر از سطح دریا اجرا شد. در هر سال، پس از عملیات خاک‌ورزی و تسطیح و پیش از کاشت، نمونه خاک از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت و مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک تعیین شد. خاک منطقه، خیلی عمیق با بافت لوم رس سیلتی تا لوم رسی است و جزو خاک‌های رسوبی محسوب می‌شود.

پس از عملیات خاک‌ورزی و تسطیح، فاروها به فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد و سپس عملیات کاشت در تاریخ‌های ۲۵ و ۲۴ فروردین به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ بر اساس نقشه کاشت انجام شد. در این مطالعه، از بذر منوژرم رقم دورتی (Doretti) استفاده شد. آزمایش به شکل فاکتوریل (۶×۴) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار پیاده و در مرحله ۶-۴ برگی بوته‌ها، کل کرت‌های آزمایشی تنک و تراکم‌بوته در حد ۱۲۵ هزاربوته در هکتار تنظیم شد (با فاصله بین بوته ۱۶ سانتی‌متر). فاکتورها یا عوامل موردآزمایش عبارت بودند از فاکتور اول یا زمان کاهش بوته دارای چهار سطح شامل ۳۰ (a_1)، ۶۰ (a_2)، ۹۰ (a_3) و ۱۲۰ روز از پس کاشت (a_4) و شدت کاهش بوته شامل شش سطح عدم حذف بوته و حفظ تراکم اولیه حدود ۱۲/۵ بوته در مترمربع (b_1)، حذف ۲۵ درصد بوته‌ها و رساندن تراکم بوته به حدود ۹/۳۷۵ بوته در مترمربع (b_2)، حذف ۳۳ درصد

بوته‌ها و رساندن تراکم بوته به حدود ۸/۳۷۵ بوته در مترمربع (b_3)، حذف ۵۰ درصد بوته‌ها و رساندن تراکم بوته به حدود ۶/۲۵ بوته در مترمربع (b_4)، حذف ۶۷ درصد بوته‌ها و رساندن تراکم بوته به حدود ۴/۱۲۵ بوته در مترمربع (b_5) و حذف ۷۵ درصد بوته‌ها و رساندن تراکم بوته به حدود ۳/۱۲۵ بوته در مترمربع (b_6). برای دستیابی به سطوح موردمطالعه جمعیت گیاهی، بوته‌ها به‌شکل گزینشی روی خطوط کاشت حذف شدند. به‌همین منظور، پس از استقرار بوته‌ها (انجام عملیات تنک و وجین در کل قطعه آزمایشی)، تعداد و موقعیت بوته‌های مستقر روی هریک از ردیف‌های کاشت مشخص و سپس با هدف حفظ تعداد بوته موردنظر در هر تیمار، اقدام به انجام عملیات تنک بر اساس نقشه کاشت در سطح هریک از کرت‌های آزمایشی شد. به‌طور میانگین فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کاشت در سطوح موردمطالعه شدت حذف بوته به‌ترتیب ۱۶، ۲۱، ۲۴، ۳۲، ۴۹ و ۶۴ سانتی‌متر بود.

هر کرت از سه ردیف کاشت به طول هشت متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر تشکیل شده بود. در انتهای فصل رشد، ریشه‌های موجود در ردیف دوم هر کرت پس از حذف بوته‌های واقع در نیم متر ابتدا و انتهای ردیف کاشت، برداشت و پس از کیسه‌گیری و تعیین وزن ناخالص برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی محصول به آزمایشگاه تکنولوژی چغندرقند مؤسسه انتقال یافت. داده‌های حاصل پس از حصول اطمینان از تجانس واریانس‌ها (با استفاده از آزمون بارتلت) طی دو سال اجرای آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

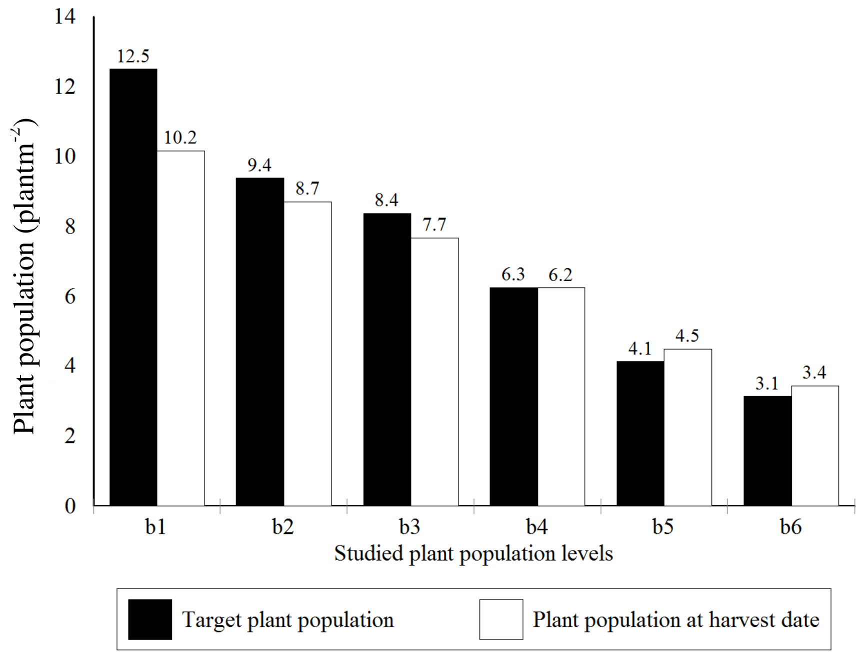
مشخصات خاک مزرعه محل آزمایش در ایستگاه کمال‌آباد کرج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Results of experiment location soil analysis

سال Year	عمق خاک Soil Depth (cm)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	سدیم Na (ppm)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)
2011	0-30	0.25	26.81	277.48	1.56	7.85	1.20
	30-60	0.15	19.78	218.41	1.36	7.90	0.95
2012	0-30	0.17	35.41	686.11	2.76	8.24	1.59
	30-60	-	14.24	358.57	2.78	8.36	1.29

در مطالعه کنونی طی بالاترین سطح تراکم‌بوته، حدود ۲۰ درصد از گیاهچه‌های استقراریافته در زمان برداشت از بین رفتند اما در سطوح پایین‌تر تراکم، چنین شرایطی حاکم نبود (شکل ۱). گزارش‌های موجود نیز حاکی از افزایش تعداد بوته‌هایی است که به‌واسطه افزایش تراکم بوته، بین زمان تنک تا برداشت نهایی محصول ازبین می‌روند (Smith, 1979 ;Cattanach, 1979). در برخی منابع، به برداشت تنها ۷۰ درصد از گیاهچه‌های استقراریافته چغندرقند در پایان فصل رشد اشاره شده‌است (Rengitnig, 1989).



شکل ۱- مقایسه سطوح تراکم بوته اعمال شده با تراکم نهایی در زمان برداشت در سطوح مختلف شدت حذف بوته

Fig. 1. Comparison of target sugar beet plant population and final plant populations at harvest date in different reduction rates

b1: 12.5 plantm^{-2}; b2: 9.375 plantm^{-2}; b3: 8.375 plantm^{-2}; b4: 6.25 plantm^{-2}; b5: 4.125 plantm^{-2}; b6: 3.125 plantm^{-2}.

اثر سال بر عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید تولیدشده در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید در سال ۱۳۹۰ (به‌ترتیب معادل ۶۸/۳۵، ۸/۷۶ و ۷/۱۱ تن در هکتار) به‌نحو معنی‌داری کمتر از سال ۱۳۹۱ (به‌ترتیب معادل ۹۹/۴۶، ۱۳/۹۷ و ۹/۱۰ تن در هکتار) شد (جدول ۳). عامل سال در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه و شکر خام و در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد شکر سفید در هر بوته نیز تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول ۲). این تأثیر

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید چغندرقند رقم دورتی تحت تاثیر زمان و میزان کاهش تعداد بوته

Table 2. Analysis of variance of sugar beet root, crude sugar and white sugar yield of dugar beet cultivar Doretti as affected by plant population reduction time and rate

			میانگین مربعات MS					
			عملکرد ریشه Root yield		عملکرد شکر Sugar yield		عملکرد شکر سفید White sugar yield	
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه‌آزادی df.	در واحد سطح Per unit area	در بوته Per plant	در واحد سطح Per unit area	در بوته Per plant	در واحد سطح Per unit area	در بوته Per plant
Year (Y)	سال	1	46465.99^{**}	8.947^{**}	1302.59^{**}	0.271^{**}	189.20^{**}	0.031^{*}
Rep (Y)	تکرار (سال)	6	205.98	0.102	8.61	0.003	10.41	0.003
Plant reduction time (A)	زمان کاهش بوته	3	2843.78^{ns}	1.456^{*}	52.81^{ns}	0.027^{*}	26.63^{ns}	0.013^{*}
Y × A	سال × زمان کاهش بوته	3	334.69^{ns}	0.093^{ns}	9.32^{ns}	0.002^{ns}	5.88^{ns}	0.001^{ns}
Plant reduction rate (B)	میزان کاهش بوته	5	3978.56^{**}	4.631^{**}	63.75^{**}	0.091^{*}	34.96^{**}	0.046^{**}
Y × B	سال × میزان کاهش بوته	5	238.11^{ns}	0.343^{*}	3.74^{ns}	0.009^{*}	2.52^{ns}	0.002^{ns}
A × B	زمان × میزان کاهش بوته	15	282.27^{ns}	0.424^{**}	5.81^{ns}	0.008^{**}	3.77^{ns}	0.004^{ns}
Y ×A × B	سال × زمان × میزان کاهش بوته	15	262.35^{ns}	0.113^{ns}	6.07^{ns}	0.002^{*}	4.89^{ns}	0.001^{ns}
Error	خطا	138	230.99	0.071	4.71	0.001	2.75	0.001
CV.(%)	درصد ضریب تغییرات		18.11	19.59	19.10	19.69	20.45	22.14

ns،* و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد ریشه، شکرخام و شکر سفید چغندرقند رقم دورتی در سطوح مختلف زمان و میزان کاهش تعداد بوته

Table 3. Mean comparison of sugar beet root, crude sugar and white sugar yield of sugar beet cultivar Doretti in different treatments of plant population reduction time and rate

Treatments	تیمارها	عملکرد ریشه Root yield		عملکرد شکر Sugar yield		عملکرد شکر سفید White sugar yield	
		تن در هکتار $t ha^{-1}$	کیلوگرم در بوته $kg plant^{-1}$	تن در هکتار $t ha^{-1}$	کیلوگرم در بوته $kg plant^{-1}$	تن در هکتار $t ha^{-1}$	کیلوگرم در بوته $kg plant^{-1}$
Year	**سال**						
2011	۱۳۹۰	68.35b	1.144b	8.76b	0.147b	7.11b	0.119b
2012	۱۳۹۱	99.46a	1.576a	13.97a	0.222a	9.10a	0.144a
Plant reduction time	**زمان کاهش بوته**						
30 days after sowing	۳۰ روز پس از کاشت	93.59a	1.529a	12.63a	0.206a	8.97a	0.147a
60 days after sowing	۶۰ روز پس از کاشت	85.63a	1.485a	11.62a	0.201a	8.30a	0.144ab
90 days after sowing	۹۰ روز پس از کاشت	81.01a	1.258b	11.07a	0.172b	7.98a	0.125bc
120 days after sowing	۱۲۰ روز پس از کاشت	75.38a	1.169b	10.12a	0.157b	7.17a	0.111c
Plant reduction rate	**میزان کاهش بوته**						
12.5 $plants m^{-2}$	۱۲/۵ بوته در مترمربع	95.54a	0.994b	12.97a	0.133c	9.43a	0.095c
9.375 $plants m^{-2}$	۹/۳۷۵ بوته در مترمربع	91.47ab	1.051b	12.18ab	0.140c	8.68ab	0.101bc
8.375 $plants m^{-2}$	۸/۳۷۵ بوته در مترمربع	89.81ab	1.155b	12.06ab	0.156c	8.55ab	0.113bc
6.25 $plants m^{-2}$	۶/۲۵ بوته در مترمربع	84.00bc	1.310b	11.38bc	0.177bc	8.07bc	0.125b
4.125 $plants m^{-2}$	۴/۱۲۵ بوته در مترمربع	77.48c	1.735a	10.59c	0.236ab	7.45cd	0.167a
3.125 $plants m^{-2}$	۳/۱۲۵ بوته در مترمربع	65.12d	1.915a	8.99d	0.263a	6.45d	0.189a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within each column followed by similar letters are not significantly different at 5% of probability level.

به‌نحوی بود که هر بوته در سال ۱۳۹۱ عملکرد ریشه (۱/۵۷۶ کیلوگرم)، شکر خام (۰/۲۲۲ کیلوگرم) و شکر سفید (۰/۱۴۴ کیلوگرم) بیشتری نسبت به سال ۱۳۹۰ (به‌ترتیب معادل ۱/۱۴۴، ۰/۱۴۷ و ۰/۱۱۹ کیلوگرم در بوته) تولید کرد (جدول ۳). این موضوع می‌تواند به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی حاکم در سال‌های مختلف آزمایش باشد.

زمان کاهش بوته تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول در واحد سطح نگذاشت. این بدان مفهوم است که زمان کاهش تعداد بوته یا وقوع خسارت‌های قهری که منجر به کاهش تعداد بوته در واحد سطح می‌شوند طی ۱۲۰-۳۰ روز پس از کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نهایی محصول در واحد سطح نداشت. این درحالی بود که این عامل بر عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید تولیدشده در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش تعداد بوته طی ۶۰-۳۰ روز پس از کاشت، بیشترین عملکرد ریشه (۱/۵۲۹-۱/۴۸۵ کیلوگرم در بوته)، شکر خام (۰/۲۰۶-۰/۲۰۱ کیلوگرم در بوته) و شکر سفید (۰/۱۴۷-۰/۱۴۴ کیلوگرم در بوته) تولید شد و در صورت به‌تأخیر افتادن زمان کاهش تعداد بوته به بیش از ۶۰ روز پس از کاشت، کاهش معنی‌داری در عملکرد ریشه و شکر خام در بوته (به‌ترتیب معادل ۱۵/۳ و ۱۴/۴ درصد) روی خواهد داد.

حساسیت عملکرد شکر سفید در بوته نسبت به تغییرات زمان کاهش بوته در مقایسه با عملکرد ریشه و شکر خام بیشتر بود و با وقوع عوامل قهری یا مدیریتی منجر به کاهش بوته طی ۶۰ روز پس از کاشت، از خود واکنش معنی‌داری نشان داد. هم‌چنان‌که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، عملکرد شکر سفید در صورت کاهش تعداد بوته طی ۳۰ روز پس از کاشت در بالاترین سطح (۱۴۷ گرم در بوته) بود و با کاهش تراکم طی ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز پس از کاشت، به‌ترتیب معادل ۳، ۲۵ و ۳۶ گرم در بوته از آن کاسته شد. غیرمعنی‌دار شدن اثرمتقابل سال × زمان کاهش بوته نشان داد که طی دو سال اجرای آزمایش، نحوه تأثیر زمان کاهش بوته بر عملکرد محصول (در واحد سطح و بوته) ثابت باقی ماند.

شدت حذف بوته‌ها و تراکم ایجاد شده در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول در واحد سطح داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد ریشه (۹۵/۵۴-۸۹/۸۱ تن در هکتار)، شکر خام (۱۲/۹۷-۱۲/۰۶ تن در هکتار) و شکر سفید (۹/۴۳-۸/۵۵ تن در هکتار) طی سطوح تراکم ۱۲/۵-۸/۳۷۵ بوته در مترمربع (با تراکم نهایی واقعی ۱۰/۲-۷/۷ بوته در مترمربع) به‌دست آمد. عملکرد محصول در تراکم ۶/۲۵ بوته در مترمربع (به‌ترتیب ۸۴/۰۰، ۱۱/۳۸ و ۸/۰۷ تن در هکتار)، اختلاف معنی‌داری با سطوح تراکم ۹/۳۷۵ و ۸/۳۷۵ بوته در مترمربع نداشت اما کاهش معنی‌داری نسبت به تراکم ۱۲/۵ بوته در مترمربع نشان داد. کاهش

تراکم بوته به ۴/۱۲۵ و ۳/۱۲۵ بوته در مترمربع نیز کاهش عملکرد محصول را به‌دنبال داشت. تأثیر تراکم بوته بر عملکرد ریشه و شکر سفید در بوته نیز در سطح احتمال یک درصد و عملکرد شکر خام در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). هم چنان که در جدول ۳ دیده می‌شود، بیشترین عملکرد ریشه (۱/۹۱۵-۱/۷۳۵ کیلوگرم در بوته)، شکر خام (۰/۲۶۳-۰/۲۳۶ کیلوگرم در بوته) و شکر سفید (۰/۱۸۹-۰/۱۶۷ کیلوگرم در بوته) برای سطوح تراکم ۴/۱۲۵-۳/۱۲۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد و با افزایش تراکم‌بوته از عملکرد محصول در بوته به‌نحو معنی‌داری کاسته شد. البته، عملکرد ریشه در بوته طی سطوح ۱۲/۵-۶/۲۵ بوته در مترمربع (۱/۳۱۰-۰/۹۹۴ کیلوگرم در بوته) و عملکرد شکر خام و شکر سفید طی سطوح تراکم ۱۲/۵-۸/۳۷۵ بوته در مترمربع (به‌ترتیب معادل ۰/۱۵۶-۰/۱۳۳ و ۰/۱۱۳-۰/۰۹۵ کیلوگرم در بوته) در سطح آماری مشابهی بودند (جدول ۳).

با افزایش شدت حذف بوته‌ها و به‌دنبال آن کاهش جمعیت گیاهی در واحد سطح، بر عملکرد محصول در بوته افزوده شد و از عملکرد در واحد سطح کاسته شد. بیشترین عملکرد محصول در بوته و واحد سطح به‌ترتیب برای تراکم ۴/۱۲۵-۳/۱۲۵ و ۱۲/۵-۸/۳۷۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد. افزایش تراکم بوته از ۶۵ به ۱۰۵ هزار بوته در هکتار، به میزان ۲۷/۴درصد (۲۳/۹۱ تن در هکتار) بر عملکرد ریشه افزود و با فرض خطی بودن این تأثیر، به ازای هر یک هزار بوته افزایش در هکتار، حدود ۰/۷درصد (۵۹۷/۸ کیلوگرم درهکتار) بر عملکرد ریشه افزوده شد (Sadeghzadeh Hemayati, 2008). گزارش‌های متعددی حاکی از افزایش عملکرد ریشه به‌همراه افزایش تراکم بوته هستند (Sogut and Aroglu, 2004). محدوده مناسب تراکم بوته جهت دستیابی به بیش‌ترین عملکرد ریشه در این گزارش‌ها حدود ۷۵ هزاربوته درهکتار (Scott and Jaggard, 1993)؛ ۷۰ تا ۱۱۰ هزاربوته درهکتار (Lauer, 1995)؛ ۸۰ هزار بوته در هکتار (Ghaemi, 1993)؛ ۷۳ تا ۸۹ هزاربوته درهکتار (Smith, 1979)؛ ۸۲ هزاربوته درهکتار (Hosseinpour, 1996)؛ ۷۵ تا ۹۵ هزاربوته درهکتار (Bayat, 1998)؛ ۸۸/۲ هزاربوته درهکتار (Cattanach, 1993)؛ ۸۵ تا ۹۵ هزاربوته درهکتار (Kerkij, 2001)؛ ۹۰ تا ۱۱۰ هزاربوته درهکتار (Emadi, 2001) متغیر بود. نتایج برخی تحقیقات نیز نشان داده است که عملکرد ریشه در محدوده نسبتاً وسیعی از تراکم بوته (بین ۵۰ تا ۹۰ هزار بوته درهکتار)، تقریباً ثابت باقی می ماند. این نکته بیانگر آن است که چغندرقند می تواند به طور مؤثری تغییر تراکم را ازطریق کاهش یا افزایش وزن تک ریشه جبران کند (Khodadadian, 1992). در مطالعه بیات و همکاران (Bayat *et al.*, 2001) نیز عملکرد ریشه در محدود تراکم های ۵۵ تا ۱۱۵ هزاربوته

درهکتار اختلاف معنی داری نداشت و تقریباً ثابت بود. همچنین در کشت پاییزه چغندرقند، با وجود آنکه میزان رشد و عملکرد ریشه در تراکم ۱۰۰ هزاربوته بیش از تراکم ۸۰ هزاربوته در هکتار بود، ولی این اختلاف به نظر آماری معنی دار نبود (Garcia and Lope, 1986).

اثر متقابل سال × میزان حذف بوته و زمان × میزان کاهش بوته روی عملکرد محصول در واحد سطح تأثیر معنی‌داری نگذاشت، بنابراین این امکان که بتوان اثر زمان کاهش بوته بر عملکرد محصول را از طریق تغییر در شدت کاهش یا برعکس جبران کرد، وجود ندارد. این در حالی بود که اثرمتقابل سال × میزان کاهش بوته در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد ریشه و شکر خام در بوته و اثرمتقابل زمان × میزان کاهش بوته در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه، شکر خام در بوته تأثیر معنی‌داری گذاشت (جدول ۲).

به استثنای سدیم، اثر سال بر سایر صفات کیفی مورد اندازه‌گیری معنی‌دار شد (جدول ۴). درصد قند ناخالص در سال ۱۳۹۱ (۱۴/۰۶ درصد) بیش از سال ۱۳۹۰ (۱۲/۸۲ درصد) اما درصد قند خالص در سال ۱۳۹۱ (۹/۱۶ درصد) به‌واسطه بالا بودن میزان قند ملاس (۴/۳۰ درصد) به‌نحو غیرمعنی‌داری کمتر از سال ۱۳۹۰ (۱۰/۴۱ درصد) شد (جدول ۵). میزان پتاسیم و نیتروژن مضره در سال ۱۳۹۰ (به‌ترتیب ۵/۲۰ و ۰/۶۲ میلی اکی‌والان در صد گرم خمیر ریشه) به‌نحو معنی‌داری کمتر از سال ۱۳۹۱ (به‌ترتیب معادل ۷/۱۷ و ۴/۱۸ میلی اکی‌والان در صد گرم خمیر ریشه) بود (جدول ۵). هم‌چنان‌که در خصوص عملکرد محصول نیز دیده شد، شرایط آب‌وهوایی حاکم در سال ۱۳۹۱، علاوه بر خصوصیات کمی موجب بهبود خصوصیات کیفی محصول نیز شده‌است.

اثر زمان کاهش بوته بر صفات کیفی محصول معنی‌دار نشد. تنها اثرمتقابل سال × زمان حذف بوته در سطح احتمال پنج درصد روی ضریب قلیائیت ریشه تأثیر معنی‌داری گذاشت. این تأثیر به‌نحوی بود که در سال ۱۳۹۰، ضریب قلیائیت ریشه طی کاهش بوته در ۹۰ روز پس از کاشت بیش از سایر زمان‌های کاهش بوته شد اما در سال ۱۳۹۱، اختلاف معنی‌داری بین زمان‌های مختلف کاهش بوته دیده نشد (جدول ۵).

تأثیر تراکم بوته بر درصد قند ناخالص و خالص معنی‌دار نشد. این درحالی است که افزایش درصد قند با کوچک‌تر شدن اندازه‌ی ریشه‌ها در گزارش‌های متعددی مورد تأکید قرار گرفته است (Cakmakci and Oral, 2002؛ Lauer, 1995؛ Minx, 1993). دلیل افزایش درصد قند با افزایش تراکم‌بوته به کاهش اندازه ریشه و ازآنجا، مجاورت بخش عمده‌ای از سلول‌های ریشه در جوار سیستم آوندی نسبت داده شده‌است (Wyse, 1979) البته، عدم تأثیر معنی‌دار تراکم بوته بر درصد قند نیز در

جدول ۴- تجزیه واریانس خصوصیات کیفی چغندرقند رقم دورتی تحت تاثیر زمان و میزان کاهش تعداد بوته

Table 4. Analysis of variance of qualitative characteristics of sugar beet cultivar Doretti as affected by plant population reduction time and tate

			میانگین مربعات MS							
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	درصد قند ناخالص Sugar content	درصد قند خالص White sugar content	سدیم Na	پتاسیم Potassium	نیتروژن مضره Amino nitrogen	ضریب قلیاییت Alkalinity coefficient	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	قند ملاس Molasses sugar
Year (Y)	سال	1	73.76**	75.20*	13.24^{ns}	186.13**	607.44**	10183.56**	12669.31**	297.98**
Rep (Y)	تکرار (سال)	6	3.27	7.22	4.82	4.67	5.70	62.51	123.89	1.76
Plant reduction time (A)	زمان کاهش بوته	3	0.25^{ns}	0.95^{ns}	1.24^{ns}	0.10^{ns}	0.80^{ns}	41.92^{ns}	21.48^{ns}	0.25^{ns}
Y × A	سال × زمان کاهش بوته	3	0.19^{ns}	0.48^{ns}	2.72^{ns}	0.16^{ns}	0.35^{ns}	43.94*	13.78^{ns}	0.17^{ns}
Plant reduction rate (B)	میزان کاهش بوته	5	0.91^{ns}	0.89^{ns}	0.77^{ns}	2.64**	0.11^{ns}	11.56^{ns}	10.84^{ns}	0.18^{ns}
Y × B	سال × میزان کاهش بوته	5	0.57^{ns}	0.51^{ns}	0.89^{ns}	0.20^{ns}	0.11^{ns}	14.75^{ns}	8.99^{ns}	0.13^{ns}
A × B	زمان × میزان کاهش بوته	15	0.69^{ns}	1.25^{ns}	1.03^{ns}	0.26^{ns}	0.21^{ns}	10.97^{ns}	19.67^{ns}	0.19^{ns}
Y ×A × B	سال × زمان × میزان کاهش بوته	15	0.61^{ns}	1.20^{ns}	1.19^{ns}	0.38^{ns}	0.23^{ns}	9.21^{ns}	21.06^{ns}	0.22^{ns}
Error	خطا	138	0.62	0.97	0.98	0.24	0.15	12.11	13.22	0.11
CV.(%)	درصد ضریب تغییرات	-	5.86	10.09	20.39	7.89	16.25	23.74	4.98	10.80

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی چغندرقند رقم دورتی در سطوح مختلف زمان و میزان کاهش تعداد بوته

Table 5. Mean comparison of qualitative characteristics of sugar beet cultivar Doretti in different treatments of plant population reduction time and rate

Treatments	تیمارها	درصد قند ناخالص Sugar content (%)	درصد قند خالص White sugar content (%)	سدیم Na ($meq.100^{-1}g$ root)	پتاسیم Potassium ($meq.100^{-1}g$ root)	نیتروژن مضره Amino nitrogen	ضریب قلیاییت Alkalinity coefficient	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar (%)	قند ملاس Molasses Sugar (%)
Year	**سال**								
2011	۱۳۹۰	12.82b	10.41a	4.59a	5.20b	0.62b	17.59a	81.14a	1.81a
2012	۱۳۹۱	14.06a	9.16a	5.11a	7.17a	4.18a	3.03b	64.89b	4.30a
Plant reduction time	**زمان کاهش بوته**								
30 days after sowing	۳۰ روز پس از کاشت	13.39a	9.69a	4.59a	6.24a	2.53a	10.01a	72.63a	3.10a
60 days after sowing	۶۰ روز پس از کاشت	13.49a	9.84a	4.79a	6.16a	2.49a	9.49a	73.16a	3.05a
90 days after sowing	۹۰ روز پس از کاشت	13.51a	9.96a	4.66a	6.14a	2.30a	11.66a	73.89a	2.59a
120 days after sowing	۱۲۰ روز پس از کاشت	13.36a	9.66a	5.01a	6.20a	2.29a	10.10a	72.37a	3.11a
Plant reduction rate	**میزان کاهش بوته**								
12.5 $plantsm^{-2}$	۱۲/۵ بوته در مترمربع	13.50a	9.95a	4.89a	5.87a	2.37a	10.81a	73.89a	2.95a
9.375 $plantsm^{-2}$	۹/۳۷۵ بوته در مترمربع	13.16a	9.57a	4.88a	5.86c	2.43a	9.43a	72.82a	2.99a
8.375 $plantsm^{-2}$	۸/۳۷۵ بوته در مترمربع	13.30a	9.63a	4.97a	6.17b	2.49a	10.85a	72.60a	3.07a
6.25 $plantsm^{-2}$	۶/۲۵ بوته در مترمربع	13.51a	9.80a	4.92a	6.20b	2.44a	9.89a	72.68a	3.11a
4.125 $plantsm^{-2}$	۴/۱۲۵ بوته در مترمربع	13.53a	9.78a	4.90a	6.49a	2.37a	10.07a	72.49a	3.16a
3.125 $plantsm^{-2}$	۳/۱۲۵ بوته در مترمربع	13.61a	9.99a	4.54a	6.53a	2.32a	10.81a	73.59a	3.02a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within each column followed by similar letters are not significantly different at 5% of probability level.

برخی گزارش‌ها به‌چشم می‌خورد (Sadeghzadeh Hemayati, 2008؛ Cattanach, 1979 and 1993). شدت حذف بوته‌ها در سطح احتمال یک درصد تنها بر میزان پتاسیم محتوی ریشه تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). این تأثیر به‌نحوی بود که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، از مقدار پتاسیم ریشه کاسته شد (جدول ۵). بنابراین، بیشترین میزان پتاسیم (۶/۵۳-۶/۴۹ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خمیر ریشه) در تراکم‌های ۴/۱۲۵-۳/۱۲۵ بوته در مترمربع و کمترین مقدار (۵/۸۷-۵/۸۶ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خمیر ریشه) در تراکم‌های ۱۲/۵-۹/۳۷۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد. در مطالعه دیگر صادق‌زاده حمایتی (۲۰۰۸) نیز سطوح موردآزمایش تراکم بوته (۱۰/۵-۶ بوته در مترمربع) روی میزان پتاسیم محتوی ریشه تأثیر معنی داری داشت و با افزایش تعداد بوته از مقدار پتاسیم ریشه کاسته شد. نتایج متناقضی درخصوص تأثیر تغییرات تراکم بوته بر مقادیر سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره محتوی ریشه چغندرقند وجود دارد. در شرایطی که برخی پژوهشگران به تأثیر تراکم بوته روی املاح معدنی موجود در ریشه اشاره می‌کنند (Azizi, 1999)، پژوهشگران دیگر عدم تأثیر معنی‌دار تراکم بوته را روی ناخالصی‌های ریشه موردتأکید قرار می‌دهند (Emadi, 2001). درمجموع، وجود همبستگی منفی بین تراکم بوته و املاح معدنی موجود در ریشه (Smith and Martin, 1997؛ Minx, 1993؛ Lauer, 1995؛ Smith *et al.*, 1977) به کاهش شدت رقابت بین بوته‌ها در سطوح پایین تراکم بوته نسبت داده شده‌است (Echoff *et al.*, 1991). از همین رو، کاشت چغندرقند در تراکم‌های بالای بوته از طریق محدود کردن توسعه سلولی موجب کاهش اندازه ریشه و ازآنجا، کاهش میزان ناخالصی‌های محتوی آن می‌شود (Ghaemi, 1993).

در مجموع، مطالعه حاضر نشان داد که زمان کاهش بوته (ناشی از عوامل قهری و مدیریتی) در بازه زمانی ۱۲۰-۳۰ روز پس از کاشت، عمدتاً روی محصول تولیدشده در هر بوته اثر معنی‌داری به‌جا گذاشت و بیشترین عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید با کاهش تعداد بوته طی ۶۰-۳۰ روز پس از کاشت ـ و نه پس از آن ـ حاصل شد. این در حالی بود که کاهش تعداد بوته (در محدوده ۱۰/۲-۳/۴ بوته در مترمربع) طی ۱۲۰-۳۰ روز پس از کاشت، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نهایی محصول در واحد سطح نداشت. علاوه بر این، زمان کاهش بوته در محدوده ۱۰/۲-۳/۴ بوته در مترمربع، تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کیفی محصول نداشت. با افزایش شدت کاهش بوته و به‌دنبال آن کاهش جمعیت گیاهی در واحد سطح، بر عملکرد محصول در بوته افزوده شد و از عملکرد در واحد سطح کاسته شد. در نهایت، بیشترین عملکرد محصول در واحد سطح (۹۵/۵۴-۸۹/۸۱ تُن ریشه در هکتار و

۱۲/۹۷-۱۲/۰۶ تُـن شـکر خـام در هکتـار) در تراکم قابل‌برداشت ۷/۷-۱۰/۲ بوتـه در مترمربـع حاصل شد. در واقع، بوته‌های چغندرقند طی این دامنه از تغییرات تراکم بوتـه توانسـتند نوسـانات تعداد بوته در واحد سـطح را از طریـق تغییـر در عملکرد بوته جبران کنند. بنـابراین، در صـورت وقوع عوامل مدیریتی یـا قهـری کـه بـه کـاهش تعـداد بوتـه در واحـد سـطح منجـر مـی‌شـوند، صـرف‌نظـر از زمـان وقـوع خسـارت تـا حـدود دوسوم ابتدای فصل رشد، عامل تعیین‌کننـده در کاهش معنی‌دار عملکـرد شـدت کـاهش تعـداد بوته‌هاست.

References

Azizi, G. 1999. The effects of planting date, density and harvest date on some agronomical and physiological characteristics of sugar beet in Chenaran. MSc. Thesis, University of Sistan and Baluchestan, Zabol, Iran. 106 pp. (in Persian).

Ball, R. A., Purcell, L. C., and Vories, E. D. 2000. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. Crop Science 40: 757-764.

Bayat, A. 1998. Evaluation of plant density and harvest date on quantitative and qualitative characteristics of three monogerm sugar beet. MSc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (in Persian).

Bayat, A., Latifi, N., Mohammadian, R., and Galeshi, S. 2001. Evaluation of plant density effect on technological maturity of three sugar beet cultivars. Iranian Journal of Agriculture Sciences 32(2): 275-284.

Bhullar, M. S., Uppal, S. K., and Kapur, M. L. 2010. Influence of planting density and nitrogen dose on root and sugar yield of beet (*Beta vulgaris* L.) under sub-tropical semi-arid conditions of Punjab. Journal Research of Punjab Agricultural University 47: 7-14.

Board, J. 2000. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. Crop Science 40: 1285-1294.

Cakmakci, R., and Oral, E. 2002. Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 26: 133-139.

Cattanach, A. W. 1979. Comparison of 22 vs. 30 inch row spacings at equal plant

populations. Sugar Beet Research and Extension Reports 10: 198-203.

Cattanach, A. W. 1993. Effect of greater than recommended plant populations on sugarbeet yield and quality. Sugar Beet Research and Extension Reports 24: 314-319.

Clover, G. R. G., Jaggard, K. W., Smith, H. G., and Azam, S. N. 2001. The use of radiation interception and transpiration to predict the yield of healthy, droughted and virus-infected sugar beet. Journal of Agricultural Science 136(2): 169-178.

Echoff, J. L. A., Halverson, A. D., Weiss, M. J., and Borbaman, J. W. 1991. Seed spacing for nonthined sugar beet production. Agronomy Journal 83: 929-932.

Emadi, A. 2001. Effects of plant density and nitrogen levels on sugar beet in Koshkak region in Fars province. MSc. Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran (in Persian).

Garcia, J. E., and Lopez Bellido, L. 1986. Growth and yield of autumn-sown sugar beet: Effects of sowing time, plant density and cultivar. Field Crops Research 14: 1-14.

Ghaemi, A. 1993. Effects of plant density on quantitative and qualitative characteristis and anatomi of four sugar beet cultivars. MSc. Thesis, Mashhad University, Mashhad, Iran (in Persian).

Habibi, D., Nourmohammadi, G., Karimi Abadchi, M. M., Majidi Heravan, A., and Darvish, F. 2004. Effects of planting date and plant density on root yield and sugar content of sugar beet. Iranian Journal of Agriculture Sciences 10 (1): 22-33 (in Persion).

Hodanova, D. 1975. Chlorophyll, leaf area-dry weight indices and PhAR attenuation in developing sugar beet canopy. Photosynthetica 9(2): 211-215.

Hole, C. C., Thomas, T. H., and McKee, J. M. T. 1984. Sink development and dry matter distribution in storage root crops. Plant Growth Regulation 2(4): 347-358.

Hosseinpour, M. 1996. Effects of nitrogen, potassium and plant density interaction on quantitative and qualitative yield of sugar beet in Dezful region. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (in Persian).

Ismail, A. M. A., and Allam, S. M. 2007. Yield and technological traits of sugar beet as affected by planting density, phosphorus and potassium fertilization. Proceedings of the 3rd Conferrence of Sustainable Agricultural Development. Faculty of Agriculture, Fayoum University, Pakistan. pp. 15-28.

Jafarnia, B., Ghorbani, R., Zare Feizabady, A., and Ghaemi, A.R. 2013. Impact of crop density and soil fertilization on sugar beet. International Journal of Crop Science 5(24): 2991-2999.

Kenter, C., Hoffmann, C. M., and Märländer, B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 24(1): 62-69.

Kerkij, P. 2001. The effects of plant density on quantitative and qualitative characteristics of autumn-planting sugar beet in Sistan. MSc. Thesis, University of Sistan and Baluchestan, Zabol, Iran (in Persian).

Khodadadian, J. 1992. Advances in Production of Sugar Beet. Iran's Sugar Factories Syndicate Press, Tehran, Iran (in Persian).

Lauer, J. G. 1995. Plant density and nitrogen rate effects on sugar beet yield and quality early in harvest. Agronomy Journal 87: 586-591.

Masri, M. I. 2008. Effect of nitrogen level and planting density on sugar beet yield and its attributes. Egypt Jornal of Agronomy 30: 119-36.

Minx, L. 1993. The effect of row spacing on the productive utilization of distances between plants by the sugar beet stand. Rostlinna Vyroba 39(6): 531-541.

Ohtake, M., Saito, H., and Kanzawa, K. 1997. Relation between root dry matter production and cumulative solar radiation. Proceedings of Japanese Society of Sugar Beet Technologists 39: 108-114.

Reigtnig, P. J. 1989. Effect of plant-to stand spacing on sugarbeet production. Beet Research and Extension Reports 20: 157-162.

Sadeghzadeh Hemayati, S. 2008. Effects of some agronomical factors on light absorbption, growth and yield of sugar beet. Ph. D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran (in Persian).

Sadre, P., Soleymani, A., and Javanmard, H. R. 2012. Root yield and quality traits of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to nitrogen fertilizer and plant density in isfahan region. International Journal of Crop Science 4: 1504-07.

Schiphouwer, T. 1991. Cultivar, soil and climate fix the yield. Maandbla Suiker Unie 25(9): 9-10.

Scott, R. K., and Jaggard, K. W. 1978a. How the crop grows-from seed to sugar. British Sugar Beet Review 46(4): 19-22.

Scott, R. K., and Jaggard, K. W. 1978b. Theoretical criteria for maximum yield. pp. 179-198. In: Proceedings of the 41st Winter Congress. Institut Int. de Recherches, Betteravieres, France.

Scott, R. K., and Jaggard, K. W. 1992. Crop growth and weather: can yield forecasts be reliable? 55e Congres d'hiver, Bruxelles, Palais des Congres, pp. 169-187.

Scott, R.K. , and Jaggard, K. W. 1993. Crop physiology. pp. 279-309. In: Cooke, D. A., and Scott, R. K. (ed.) The Sugar Beet Crop: Science into Practice. Chapman and Hall, London, UK.

Shukla, S. K., and Awasthi, S. K. 2013. Sugarbeet: A supplement to sugarcane in non-traditional areas to meet future sugar demand. Souvenir- IISR-Industry Interface on Research and Development Initiatives for Sugarbeet in India, 28-29 May, Sugarbeet Breeding Outpost of IISR IVRI Campus, Mukteswar-263138, Nainital. Organised by Indian Institute of Sugarcane Research (ICAR) and Association of Sugarcane Technologists of India. pp. 55-57.

Singh Brar, N., Singh Dhillon, B., Saini, K. S., and Sharma P. K. 2015. Agronomy of sugarbeet cultivation. A review. Agricultural Reviews 36 (3): 184-197.

Smith, G. A., and Martin, S. S. 1997. Effects of plant density and nitrogen fertility on purity components of sugar beet. Crop Science 17: 479-172.

Smith, G. A., Martin, S. S., and Ash, K. A. 1977. Path coefficient analysis of sugarbeet purity components. Crop Science 17: 249-253.

Smith, L. 1979. Plant population effects on sugarbeet yield and quality factors. Sugar Beet Research and Extension Reports 10: 189-192.

Sogut, T., and Aroglu, H. 2004. Plant density and sowing date effects on sugarbeet yield and quality. Journal of Agronomy 3(3): 215-218.

Stibbe, C., and Marlander, B. 2002. Field emergence dynamics significance to intraspecific competition and growth efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 17: 161-171.

Vandendriessche, H. J. 2000. A model of growth and sugar accumulation of sugar beet for potential production conditions: SUBEMOpo. I. Theory and model structure. Agricultural Systems 64: 1-19.

Wyse, R. 1979. Parameters controlling sucrose content and yield of sugar beet roots. Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists 20(4): 268-385.